

УДК 621.313.333

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Гончарова Н.В., аспирант.\*

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел. (0619) 42-32-63

**Аннотация** – работа посвящена разработке модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей.

**Ключевые слова** – диагностика, прогнозирование, аварийный режим, надежность асинхронного электродвигателя, дополнительный износ изоляции.

*Постановка проблемы.* Надежность асинхронных электродвигателей при эксплуатации зависит от ряда факторов. Эксплуатация должна быть организована таким образом, чтобы надежность двигателей, заложенная при их проектировании и обеспеченная при изготовлении, была сохранена при эксплуатации. Правильно организованная, с точки зрения обеспечения заданной надежности, эксплуатация зависит от следующих основных факторов: правильности выбора и применения асинхронных электродвигателей, защиты их от аварийных режимов и диагностики в процессе эксплуатации, позволяющей определять остаточный ресурс двигателей и их узлов, а также своевременно проводить планово-предупредительные ремонты.

*Анализ последних исследований.* Вследствие актуальности проблемы защиты электродвигателей от аварийных режимов было предложено много аппаратов диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы последних.

Наиболее распространенным устройством защиты асинхронного электродвигателя являются тепловые реле. Они обеспечивают защиту электродвигателей от длительных перегрузок при токах на 15...25% превышающих номинальные, при несимметрии напряжений и обрыве фазы сети трехфазного переменного тока. [1]. Однако они обладают следующими недостатками:

- старение биметаллической пластины в процессе эксплуатации;

---

\*Научный руководитель – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

© аспирант Гончарова Н.В.

– зависимость порога срабатывания от температуры окружающей среды;

– реле не рассчитаны для работы во взрывоопасной среде, а также среде, содержащей значительное количество пыли, агрессивные газы и пары в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, так как они производятся в открытом исполнении.

В [1] получена зависимость допустимого времени работы электродвигателя с заданным коэффициентом перегрузки

$$t = T \ln \frac{\tau_{нач} (1 + a - \alpha \tau_n k^2) - \tau_n (a + k^2 (1 + \alpha (\vartheta_{cp} - \vartheta_p)))}{(\vartheta_n - \vartheta_{cp}) (1 + a - \alpha \tau_n k^2) - \tau_n (a + k^2 (1 + \alpha (\vartheta_{cp} - \vartheta_p)))}, \quad (1)$$

где  $T$  – эквивалентная постоянная времени нагрева обмотки электродвигателя, с;

$\tau_{нач}$  – начальное превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, °С;

$a$  – коэффициент потерь;

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления материала обмотки, 1/°С;

$\tau_n$  – номинальное превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, °С;

$k$  – кратность тока перегрузки;

$\vartheta_{cp}$  – температура окружающей среды, °С;

$\vartheta_p$  – расчетная температура обмотки, °С;

$\vartheta_n$  – номинальная температура данного класса изоляции, °С.

Таким образом, время допустимой работы электродвигателя  $t$  зависит от квадрата кратности тока перегрузки  $k^2$ , от конструктивных параметров: эквивалентной постоянной времени нагрева электродвигателя  $T$ , коэффициента потерь  $a$ , класса изоляционной конструкции, определяющей номинальное превышение температуры обмотки  $\tau_n$ , расчетной температуры обмотки  $\vartheta_p$  и режимных параметров: начального значения превышения температуры обмотки над температурой окружающей среды  $\tau_{нач}$  и значения температуры окружающей среды  $\vartheta_{cp}$ .

В [1] также получено выражение для определения времени  $t$ , за которое нагревательный элемент теплового реле достигнет пограничной температуры

$$t = T_{нэ} \ln \frac{\tau_{э.нач} (1 - \alpha \tau_{э.ногр} (k^2 - 1)) - \tau_{э.ногр} k^2}{(\vartheta_{э.ногр} - \vartheta_{cp}) (1 - \alpha \tau_{э.ногр} (k^2 - 1)) - \tau_{э.ногр} k^2}, \quad (2)$$

где  $T_{нэ}$  – постоянная времени нагрева нагревательного элемента, с;

$\tau_{э.нач}$  – начальное превышение температуры нагревательного элемента, °С;

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления материала нагревательного элемента,  $1/^\circ\text{C}$ ;

$\tau_{\text{э.ногр}}$  – пограничное значение превышения температуры нагревательного элемента,  $^\circ\text{C}$ ;

$k$  – кратность тока перегрузки;

$\vartheta_{\text{э.ногр}}$  – пограничная температура нагревательного элемента,  $^\circ\text{C}$ ;

$\vartheta_{\text{ср}}$  – температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$ .

Таким образом, время срабатывания теплового реле  $t$  зависит от квадрата кратности тока перегрузки  $k^2$ , конструктивных параметров теплового реле: постоянной времени нагрева нагревательного элемента  $T_{\text{нэ}}$ , температурного коэффициента сопротивления материала нагревательного элемента  $\alpha$ , пограничной температуры  $\vartheta_{\text{э.ногр}}$  и пограничного превышения температуры нагревательного элемента  $\tau_{\text{э.ногр}}$  и режимных параметров: начального превышения температуры нагревательного элемента  $\tau_{\text{э.нач}}$  и температуры окружающей среды  $\vartheta_{\text{ср}}$ .

Сравнение между собой выражений (1) и (2) показывает, что перегрузочная характеристика асинхронного электродвигателя и защитная характеристика теплового реле отличаются между собой по следующим причинам:

- неравенство эквивалентных постоянных времени нагрева обмотки и нагревательного элемента теплового реле;

- неравенство температурных коэффициентов сопротивления материала проводников обмотки и нагревательного элемента теплового реле;

- неравенство номинальной температуры обмотки и пограничной температуры нагревательного элемента;

- неравенство температур окружающей среды, в которых работают электродвигатель и тепловое реле;

- неравенство начальных превышений температур обмотки и нагревательного элемента теплового реле;

- отсутствие постоянных потерь в тепловом реле.

Выше перечисленные обстоятельства требуют внедрения новых подходов к принципам построения устройств диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных двигателей, а также разработки моделей и методов управления процессами защиты электродвигателя.

*Формулирование цели статьи.* Целью статьи является разработка структурной схемы модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей.

*Основная часть.* Предлагаемая структурная схема модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей приведена на рисунке 1.

Модуль состоит из следующих основных блоков:

- ПИП  $I_A$ , ПИП  $I_B$ , ПИП  $I_C$  – первичные измерительные преобразователи токов фаз А, В и С соответственно;
- БИ  $t_{пер.}$  – блок измерения времени перегрузки асинхронного электродвигателя;
- БСОИ – блок сбора и обработки информации;
- БУ АД – блок управления асинхронным двигателем;
- КППИ – канал “прием – передача информации”;
- МК – микроконтроллер;
- БВП – блок ввода параметров;
- БИ  $u_{ср.}$  – блок измерения температуры окружающей среды;
- БЦИ – блок цифровой индикации;
- БСИ – блок световой индикации;
- БП – блок питания.

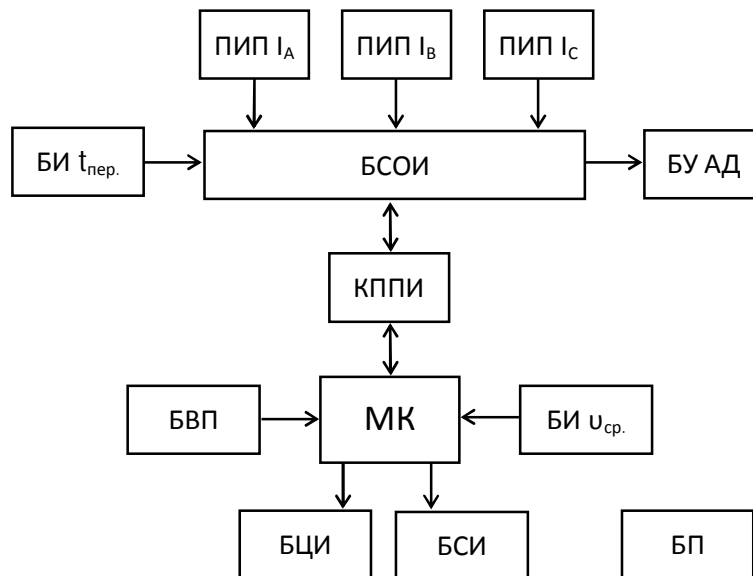


Рис. 1. Структурная схема модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей.

В процессе функционирования между модулем диагностики и прогнозирования и асинхронным электродвигателем существует функциональная связь. Модуль получает информацию с объекта о состоянии параметров диагностирования, обрабатывает ее и формирует сигналы управления.

В качестве первичных измерительных преобразователей токов фаз А, В и С (ПИП  $I_A$ , ПИП  $I_B$ , ПИП  $I_C$ ) используются датчики Холла. Главным достоинством датчиков Холла являются очень малые собственные потери энергии, гальваническая развязка с электрической прочностью изоляции до нескольких киловольт [2].

ПИП  $I_A$ , ПИП  $I_B$ , ПИП  $I_C$  устанавливаются около проводов, по которым протекают измеряемые токи. Проходящие через проводники

токи создают магнитные поля, воздействующие на интегральные схемы датчиков Холла, выходные сигналы которых затем усиливаются и поступают на аналоговые выходы ПИП I<sub>A</sub>, ПИП I<sub>B</sub>, ПИП I<sub>C</sub> соответственно. Электрический сигнал на выходе датчика Холла – это напряжение, которое прямо пропорционально величине тока, протекающего через контролируемый проводник.

Блок измерения времени перегрузки асинхронного электродвигателя (БИ t<sub>пер.</sub>) предназначен для подсчета времени перегрузки асинхронного двигателя в аварийном режиме.

Аналоговые сигналы с датчиков Холла и информация с БИ t<sub>пер.</sub> поступают в блок сбора и обработки информации (БСОИ). БСОИ представляет собой микропроцессор, который формирует электрические сигналы, поступающие на блок управления двигателем (БУ АД).

Канал “прием-передача информации” (КППИ) осуществляет связь между блоком сбора и обработки информации (БСОИ) и микроконтроллером (МК).

На микроконтроллер (МК) поступает информация о температуре окружающей среды с блока БИ v<sub>ср.</sub>

При эксплуатационных режимах работы асинхронного двигателя микроконтроллер (МК) определяет дополнительный тепловой износ изоляции обмотки по следующему выражению [3]

$$E_{\text{дон}} = \Delta E_{\text{д.н}} + \Delta E_{\text{д.о}}, \quad (3)$$

где  $\Delta E_{\text{д.н}}$  – дополнительный тепловой износ изоляции обмотки в период перегрузки асинхронного двигателя, бч;

$\Delta E_{\text{д.о}}$  – дополнительный тепловой износ изоляции обмотки в период охлаждения, бч.

$\Delta E_{\text{д.н}}$  и  $\Delta E_{\text{д.о}}$  рассчитываются по определенному алгоритму, заложенному в микроконтроллер (МК).

Обоснование величины допустимого дополнительного теплового износа изоляции обмотки асинхронного двигателя приведено в [4].

Окончательный вывод о техническом состоянии асинхронного двигателя ставится по результатам полученных экспериментальных значений допустимого дополнительного теплового износа изоляции обмотки. При этом микроконтроллер (МК) формирует соответствующие сигналы на блок световой и цифровой индикации (БСИ, БЦИ).

Блок ввода параметров (БВП) – это клавиатура, предназначена для управления модулем диагностики и прогнозирования, а также для ручного ввода входных параметров.

Питание модуля осуществляется от блока питания (БП).

**Выводы.** Разработанный модуль диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов асинхронных двигателей позволит вне-

дрить технологію контролю обладнання по стану, реалізувати неперервний контроль параметрів діагностування, а також забезпечити раннє (предаварійне) визначення потенціальних пошкоджень, дефектів, які розвиваються в асинхронному двигателі.

#### Література

1. *Овчаров В.В.* Експлуатаційні режими роботи і неперервна діагностика електричних машин в сільськогосподарському виробництві / *В.В. Овчаров.* – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.
2. *Данилов А.* Сучасні промислові датчики струму / *А. Данилов* // Сучасна електроніка. – 2004. – №10. – С.26-35
3. *Гончарова Н.В.* Аналітичне дослідження перевантажувальних характеристик асинхронних електродвигунів / *Н.В. Гончарова, С.В. Овчаров* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 12, т. 2. – С.16-22.
4. *Гончарова Н.В.* Алгоритм розрахунку додаткового теплого износу ізоляції при перевантаженнях асинхронного електродвигуна / *Н.В. Гончарова* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 4. – С.89-94 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012\\_4/index.html](http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012_4/index.html).

## **ДІАГНОСТУВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ**

Гончарова Н.В.

#### *Анотація*

**Робота присвячена розробці модуля діагностування і прогнозування експлуатаційних режимів роботи асинхронних електродвигунів.**

## **DIAGNOSTICATING AND PROGNOSTICATION OPERATING OFFICE HOURS ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS**

N.Goncharova

#### *Summary*

**Work is sanctified to development of the module of diagnostics and prognostication of the operating modes of operations of asynchronous electric motors.**